

# NTSY1: Natur, Technik, Systeme

## Test 1, November 2016

Drittes Semester WI15t

Erlaubte Hilfsmittel: **Persönlich verfasste Zusammenfassung von bis zu 6 Seiten; Buch: The Dynamics of Heat.** Rechen- und Schreibzeugs.

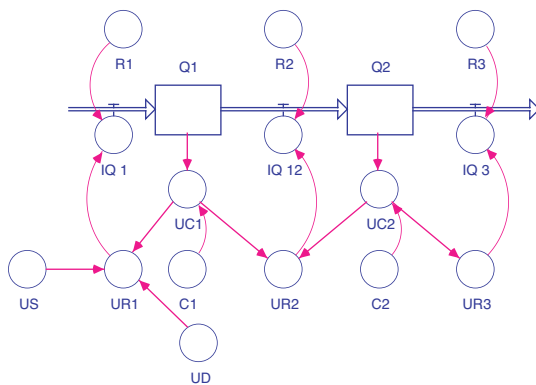
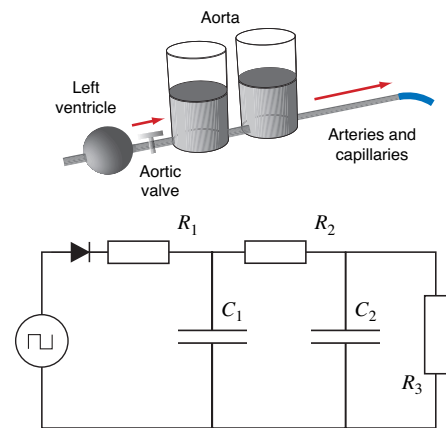
Antworten müssen begründet und nachvollziehbar sein.

Dauer der Prüfung: 60 Minuten.

### Elektrische Windkesselschaltung

Um ein Windkesselsystem mit zwei Tanks elektrisch zu simulieren, wird die nebenstehend gezeigte Schaltung aufgebaut, ausgemessen und modelliert.

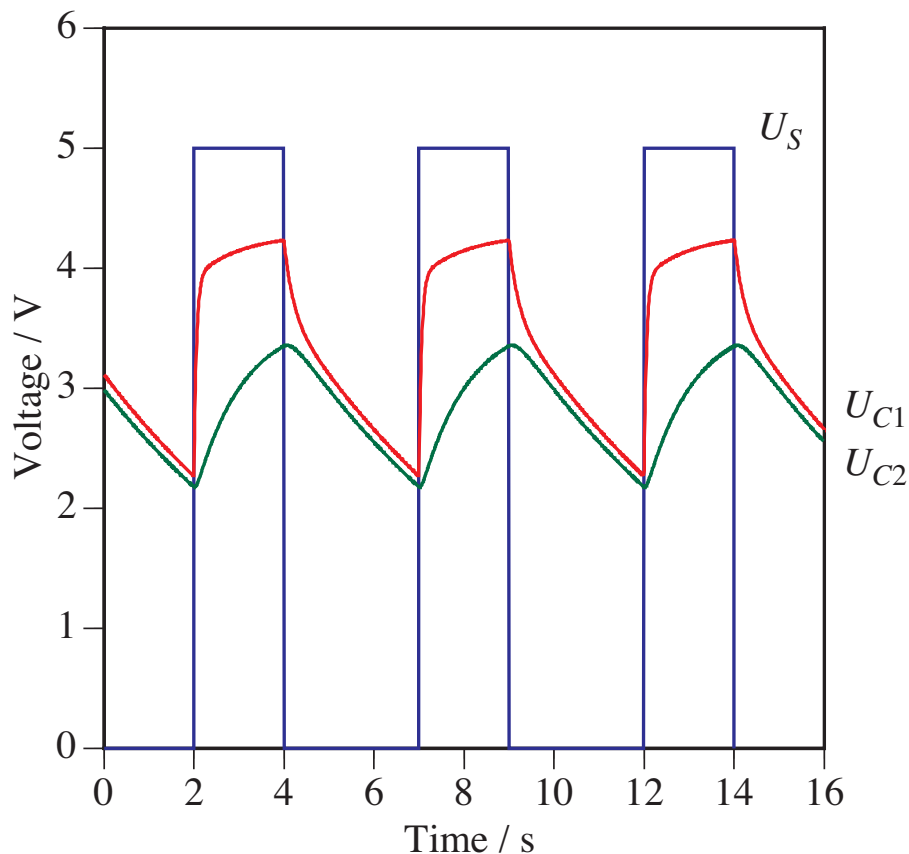
Die Kennzahlen der Bausteine sind:  $R_1 = 0.30 \text{ Ohm}$ ,  $R_2 = 1.0 \text{ Ohm}$ ,  $R_3 = 5.0 \text{ Ohm}$ ,  $C_1 = 0.25 \text{ F}$ ,  $C_2 = 1.0 \text{ F}$ . Für die Diode nehmen wir an, dass  $U_D = 0.50 \text{ V}$  wenn die Ladung fließt. Ein Diagramm für ein dynamisches Modell der Schaltung sieht so aus:



Eine Messung, bei der die Generatorspannung  $U_S$  rechteckförmig zwischen  $5.0 \text{ V}$  und Null Volt geschaltet wird, ergibt Resultate für  $U_{C1}$  und  $U_{C2}$ , die im Diagramm auf der folgenden Seite abgebildet sind.

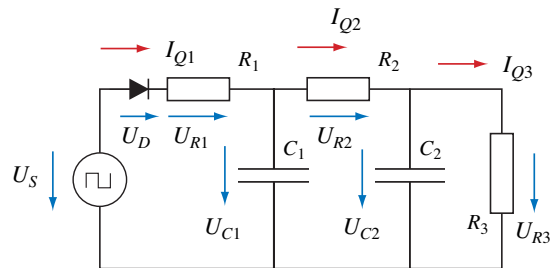
- Skizzieren Sie nochmals das Schaltungsdiagramm und tragen Sie alle relevanten Variablen (mit Symbolen und Namen) ein. [1 P.]

- b. Wie lautet die momentane Form der Bilanzgleichung für die Ladung von Kondensator 1? [1 P.]
- c. Zeigen Sie (formal, mit Gleichungen), wie man  $U_{R1}$  und  $I_{Q1}$  im Modell berechnen muss. Beachten Sie die (idealisierte) Funktion der Diode. [1 P.]
- d. Zeigen Sie (formal, mit Gleichungen), wie man  $U_{R2}$  und  $I_{Q12}$  im Modell berechnen muss. [1 P.]
- e. Berechnen und zeichnen Sie  $U_{R1}$  und  $U_D$  (wie man sie im Experiment durch Messung erhalten müsste) für die Zeitspanne  $2.0 < t < 7.0$ . [3 P.]
- f. Nehmen Sie an, man habe vergessen, den Kennwert (Kapazität) des Kondensators 2 zu dokumentieren. Bestimmen Sie seinen Wert so genau wie möglich aus den Messdaten, und erklären Sie, wie und warum Sie so vorgehen. (Alle anderen Kennzahlen sind bekannt.) [3 P.]
- g. [ZUSATZAUFGABE] Was passiert mit dem Mittelwert der Funktionen  $U_{C1}(t)$  und  $U_{C2}(t)$ , wenn man  $R_3$  vergrößert? Warum? Welche Bedeutung hat diese Problemstellung im Zusammenhang mit unserem Blutkreislauf? [2 P.]



## Solutions

a. Balance of volume



b.

$$\frac{d}{dt} Q_1 = I_{Q1} - I_{Q2}$$

c.

$$U_{R1} = \begin{cases} U_S - U_{C1} - U_D & \text{if } U_S - U_{C1} - U_D \geq 0 \\ 0 & \text{if } U_S - U_{C1} - U_D < 0 \end{cases}$$

$$I_{Q1} = \frac{1}{R_1} U_{R1}$$

d.

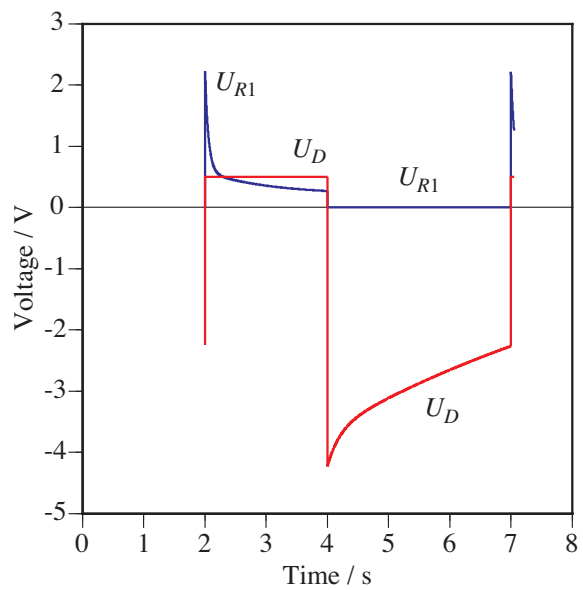
$$U_{R2} = U_{C2} - U_{C1}$$

$$I_{Q2} = \frac{1}{R_2} U_{R2}$$

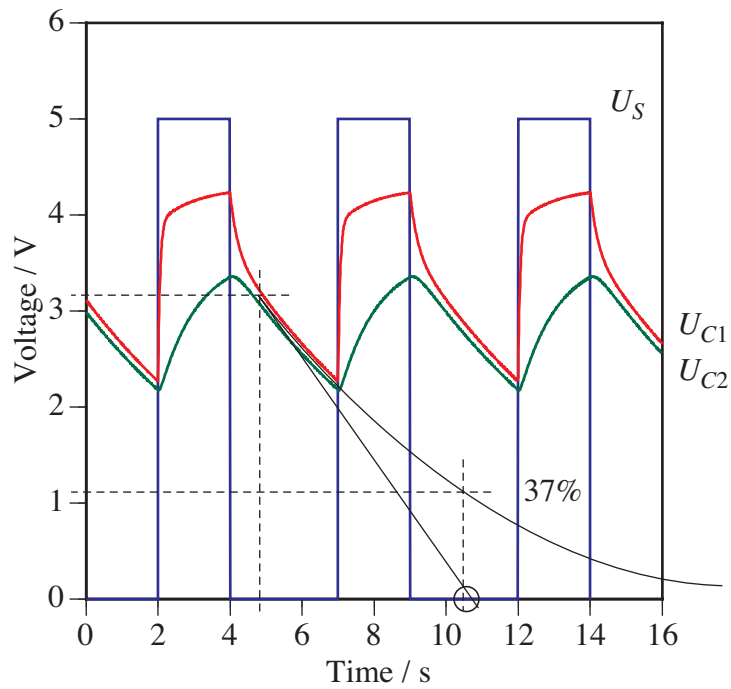
e.

$$U_{R1} = \begin{cases} U_S - U_{C1} - U_D & \text{if } U_S - U_{C1} - U_D \geq 0 \\ 0 & \text{if } U_S - U_{C1} - U_D < 0 \end{cases}$$

$$U_D = U_S - U_{C1} - U_{R1}$$



f.



Use the following idea: Shortly after starting the discharging process (say at  $t = 4.5$  s), the two capacitors discharge as a single one (having capacitance equal to  $C_1 + C_2$ ) through the resistor  $R_3$ . If we determine the time constant, we can calculate the sum of the capacitances and then the capacitance  $C_2$ :

$$\tau \approx 6.0\text{s}$$

$$\tau = RC = R_3(C_1 + C_2)$$

$$C_2 = \frac{1}{R_3} \tau - C_1 = \frac{6.0}{5.0} \text{F} - 0.25\text{F} = 1.0\text{F}$$

g. Both  $U_{C1}$  and  $U_{C2}$  are raised,  $U_{C2}$  more strongly so. (And  $I_{Q3}$  becomes somewhat weaker.) The medical situation would correspond to the vessels of the systemic circuit (after the aorta) to become clogged which raises mainly the lower blood pressure (and reduces blood flow if the heart does not pump more strongly).